

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В СУБМИКРОННЫХ МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

О. Г. Жевняк

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: Zhevnyakol@tut.by

Как известно, основным элементом флеш-памяти является субмикронный МОП-транзистор, имеющий встроенный внутри подзатворного окисла дополнительный электрод, накапливающий заряды (см., например, [1]). Разработка надежных и быстродействующих элементов флеш-памяти, а следовательно и МОП-транзисторов требует глубокого знания туннельных процессов, протекающих в этих транзисторах между проводящим каналом и встроенным электродом через пленку окисла. Основные трудности в численном изучении этих процессов связаны с тем, что форма потенциальных барьеров, образуемых оксидными пленками, имеет сложную форму и непостоянна вдоль канала по направлению от истока к стоку [2]. Точно также непостоянна вдоль канала энергия электронов, которая существенно определяет интенсивность туннелирования электронов. Преодолеть эти трудности можно только путем численного моделирования электронного переноса в канале данных транзисторов. В настоящей работе на основе кинетического моделирования методом Монте-Карло осуществлен расчет плотности туннельного тока в отношении к плотности дрейфового тока вдоль проводящего канала МОП-транзистора. Алгоритм данного моделирования описан в нашей работе [3].

На рис. 1 представлены схематически энергетические диаграммы, поясняющие особенности процесса туннелирования электронов через исследуемую структуру.

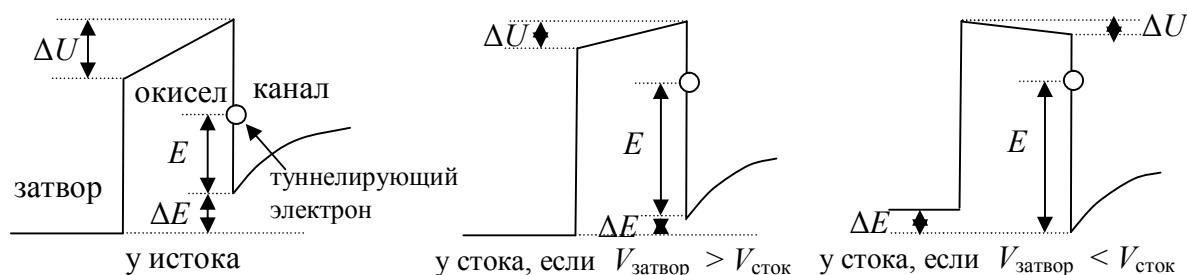


Рис. 1. Энергетические диаграммы потенциального барьера, формируемого подзатворным окислом и приложенными к затвору и стоку прибора напряжениями

На рис. 2 представлены полученные при проведении численного моделирования распределения относительных значений плотности туннельного тока вдоль проводящего канала исследуемого МОП-

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В СУБМИКРОННЫХ МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

О. Г. Жевняк

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: Zhevnyakol@tut.by

Как известно, основным элементом флеш-памяти является субмикронный МОП-транзистор, имеющий встроенный внутри подзатворного окисла дополнительный электрод, накапливающий заряды (см., например, [1]). Разработка надежных и быстродействующих элементов флеш-памяти, а следовательно и МОП-транзисторов требует глубокого знания туннельных процессов, протекающих в этих транзисторах между проводящим каналом и встроенным электродом через пленку окисла. Основные трудности в численном изучении этих процессов связаны с тем, что форма потенциальных барьеров, образуемых оксидными пленками, имеет сложную форму и непостоянна вдоль канала по направлению от истока к стоку [2]. Точно также непостоянна вдоль канала энергия электронов, которая существенно определяет интенсивность туннелирования электронов. Преодолеть эти трудности можно только путем численного моделирования электронного переноса в канале данных транзисторов. В настоящей работе на основе кинетического моделирования методом Монте-Карло осуществлен расчет плотности туннельного тока в отношении к плотности дрейфового тока вдоль проводящего канала МОП-транзистора. Алгоритм данного моделирования описан в нашей работе [3].

На рис. 1 представлены схематически энергетические диаграммы, поясняющие особенности процесса туннелирования электронов через исследуемую структуру.

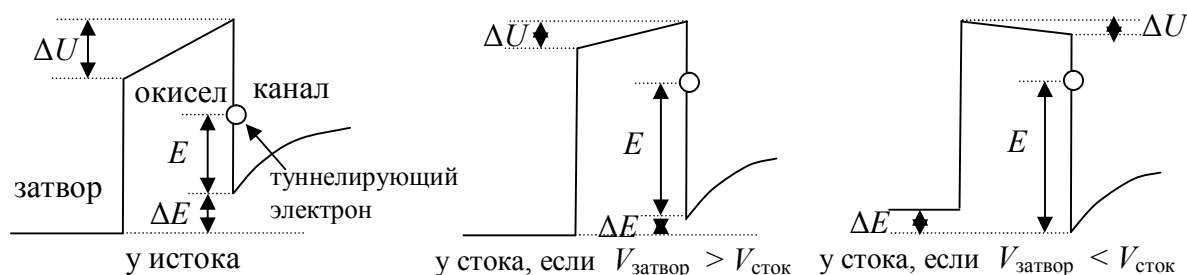


Рис. 1. Энергетические диаграммы потенциального барьера, формируемого подзатворным окислом и приложенными к затвору и стоку прибора напряжениями

На рис. 2 представлены полученные при проведении численного моделирования распределения относительных значений плотности туннельного тока вдоль проводящего канала исследуемого МОП-

транзистора. Рассматривался прибор с длиной проводящего канала 0,4 мкм, толщиной подзатворного окисла 5,6 нм, концентрацией акцепторной примеси 10^{24} м^{-3} .

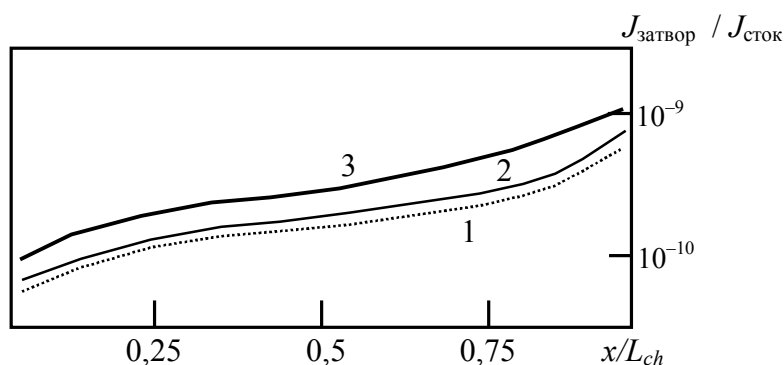


Рис. 2. Отношение плотностей туннельного тока и тока в проводящем канале вдоль его длины для разных значений затворного напряжения. 1 – $V_{\text{затвор}} = 1 \text{ В}$; 2 – $V_{\text{затвор}} = 2 \text{ В}$; 3 – $V_{\text{затвор}} = 1 \text{ В}$; $V_{\text{сток}} = 2 \text{ В}$; $d_{\text{тун}} = 2 \text{ нм}$.

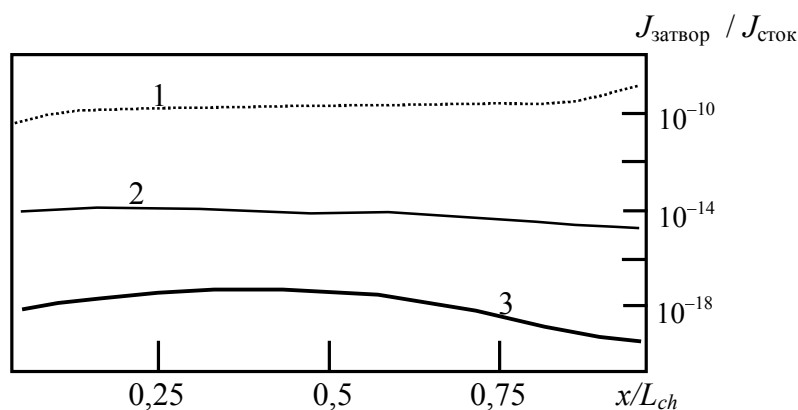


Рис. 3. Отношение плотностей туннельного тока и тока в проводящем канале вдоль его длины для разных значений толщины туннельного окисла. 1 – $d_{\text{тун}} = 2 \text{ нм}$; 2 – $d_{\text{тун}} = 3 \text{ нм}$; 3 – $d_{\text{тун}} = 4 \text{ нм}$; $V_{\text{затвор}} = 2 \text{ В}$; $V_{\text{сток}} = 2 \text{ В}$.

Таким образом, в настоящей докладе с помощью кинетического моделирования методом Монте-Карло электронного переноса в канале кремниевое МОП-транзистора исследовано влияние затворного напряжения и толщины туннельного окисла на распределение плотности туннельного тока через пленку туннельного оксида вдоль проводящего канала транзистора.

1. Majkusiak B. // IEEE Trans. Electron. Dev. 1990. Vol. 34, No 4. P. 1087–1092.
2. Ranuarez J. C., Deen M. J., Chen C.-H. // Microelectronics Reliability. 2006. Vol. 46, No 12. P. 1939–1956.
3. Zhevnyak O. // Proc. SPIE. 2008. Vol. 7025. P. 1M-1–8.